

全国高等职业技术师范院校教材



数控机床与编程

楼建勇 主编

SHUKONG

JICHUANG

BIANCHENG

天



社

天津大学出版社

4659

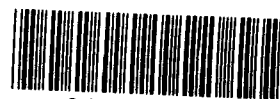
L79

449030

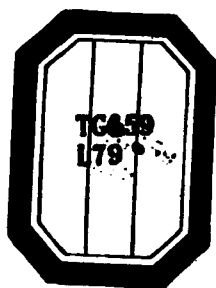
全国高等职业技术师范院校教材

数控机床与编程

楼建勇 主编



00449030



天津大学出版社

内 容 提 要

本书是高等职业技术师范学院机械制造工艺教育专业和机电技术教育专业的试用教材。

本书主要内容有数控机床的工作特点及其发展前景、数控机床的机械结构特点和要求、数控机床微机控制系统及数控伺服系统工作原理、数控机床的手工编程和自动编程原理及实例、数控机床的正确使用和常见故障的分析处理。

本书读者对象主要为高等院校机械制造工艺专业及机电技术专业师生,也可供从事数控技术的有关工程技术人员参考。

DV84/25

全国高等职业技术师范学院教材

数控机床与编程

楼建勇 主编

*

天津大学出版社出版

(天津大学内)

邮编:300072

天津大学印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:10 字数:250千

1998年7月第1版 1998年7月第1次印刷

印数:1—4000

ISBN 7-5618-1017-2

HT·41 定价:13.20元

前 言

本书是根据国家教委(现教育部)师范教育司[1994]8号文件下达的《机械制造工艺教育专业本科教学方案(试行)》中所规定的培养目标和要求编写的,是作为高等职业技术师范院校机械制造工艺教育专业和机电技术教育专业“数控机床与编程课程”的试用教材。

本书突出职业性、技术性和应用性的职教特点,以培养学生教学和使用的能力为主,主要通过实验课程培养学生的动手能力。

本书共有七章和两个附录。第一、五章及附录由浙江工业大学楼建勇编写;第二章由浙江工业大学王秋成编写;第三、七章由河北师范大学董兆伟编写;第四章由吉林职业技术师范学院贾智编写;第六章由天津职业技术师范学院熊越东编写。全书由楼建勇主编。本书由浙江工业大学贺兴书教授主审。

在本书编写过程中得到了国家教委(现教育部)师范教育司、天津职业技术师范学院以及各参加教材编写学校领导的大力支持,特在此深表感谢。另外,在本书出版过程中,天津职业技术师范学院教材科胡振武同志做了大量工作,也在此表示感谢。

由于编者水平所限,经验不足,书中缺点和错误在所难免,恳请读者不吝指教。

编 者

1997年12月

目 录

第一章 数控机床概述	(1)
第一节 数控机床的发展	(1)
第二节 数控机床的工作原理及组成	(3)
第三节 数控机床的分类和特点	(5)
习题一	(9)
第二章 数控机床的机械结构	(10)
第一节 概述	(10)
第二节 数控机床主运动及其实现	(12)
第三节 数控机床进给运动及其实现	(14)
第四节 数控机床的自动换刀装置	(19)
第五节 数控机床的辅助装置	(22)
习题二	(24)
第三章 数控机床的伺服系统	(25)
第一节 伺服系统概述	(25)
第二节 步进电机伺服系统	(27)
第三节 直流电机伺服系统	(33)
第四节 交流伺服电机系统	(38)
第五节 位移测量及装置	(41)
习题三	(47)
第四章 数控机床微机控制系统	(48)
第一节 数控系统概述	(48)
第二节 MCS-51 单片计算机控制系统	(51)
第三节 微机数控系统常用接口	(62)
第四节 可编程序控制器在数控机床中的应用	(62)
第五节 典型微机数控系统(车床)	(67)
习题四	(72)
第五章 数控机床的程序编制	(77)
第一节 机床运动轨迹的插补原理	(77)
第二节 数控加工程序编制概述	(89)
第三节 数控程序代码	(94)
第四节 数控程序编制的内容	(100)
第五节 刀具补偿	(105)
第六节 编程实例	(106)

习题五	(111)
第六章 数控机床的自动编程	(112)
第一节 计算机辅助编程概述	(112)
第二节 APT 编程语言	(116)
第三节 APT 编程系统软件	(132)
第四节 APT 编程实例	(134)
习题六	(137)
第七章 数控机床的正确使用与维修	(138)
第一节 数控机床的正确使用	(138)
第二节 数控机床机械机构常见故障与维修	(141)
第三节 数控机床伺服系统常见故障及维修	(145)
第四节 数控机床微机控制系统的常见故障与维修	(148)
习题七	(150)
附录 1 ISO 标准对准备功能 G 的规定	(151)
附录 2 ISO1056 标准对轴助功能 M 代码的规定	(152)

第一章 数控机床概述

第一节 数控机床的发展

随着科学技术的飞速发展,机器制造技术发生了深刻的变化。由于市场对产品多样化的需求越来越大,多品种、中小批量生产的产品比重也越来越大,因而传统的普通加工设备已经不能很好地适应高效率、高质量、多样化加工的要求。因此,从70年代以来,工业发达国家十分重视发展先进的制造技术,在加工设备中大量采用以微电子技术和计算机技术为基础的数控技术,将机械技术、成组技术与现代控制技术、传感检测技术、信息处理技术、网络通信技术有机地结合在一起,使机器制造业的生产方式发生了革命性的变化。

一、什么是机床数字控制技术

机床数字控制技术,顾名思义,就是以数字化信息实现机床自动操作的一门技术。采用数字形式信息控制的机床就称为数控机床。详言之,凡是用代码化的数字将刀具移动轨迹的信息记录在介质上,然后送入数控装置,经过译码、运算去控制机床的刀具与工件的相对运动,加工出所需要的工件的一类机床称为数控机床。

二、数控机床发展简史

1952年3月,美国帕森斯(Parsons)公司和麻省理工学院(MIT)合作研制成功世界上第一台三坐标数控铣床,用于火箭零件的制造。在此以后,其它一些国家,如德国、英国和日本都相继开发、生产及使用了数控机床。日本于1955年开始数控的研究工作,于1965年开始生产高技术的多坐标轮廓控制数控装置。

数控机床最早出现并获得使用的是数控铣床。这种铣床加工了普通机床难以加工的零件。由于当时的数控系统采用电子管式,体积庞大,功耗大,因此除了在军事部门使用外,其它行业几乎没有采用。

1960年以后,点位控制的数控机床得到了迅速发展。因为点位控制的数控系统比轮廓控制的数控系统简单得多。因此,数控钻床、数控冲床、数控镗床得到了发展。

在数控机床发展过程中,值得一提的是数控加工中心的出现。这是一种具有自动换刀装置的数控机床,它能实现一次装夹并进行多工序加工。这种机床在刀库中装有钻头、丝锥、铰刀、铣刀等刀具,通过程序指令自动选择刀具,并通过机械手将刀具装在主轴上,这样可大大缩短零件装卸时间和换刀时间。数控加工中心现在已经成为数控机床中一个非常重要的品种,不仅有立式、卧式等镗铣类加工中心用于箱体类零件的加工,还有车削加工中心用于回转体零件加工以及磨削中心等。

1974 年微处理器直接应用于数控机床,进一步促进了数控机床的普及应用和发展。

80 年代初,出现了以 1(或 2~3)台加工中心或车削中心为主体、配上工件自动装卸和监控检验装置的所谓柔性制造单元 FMC(Flexible Manufacturing Cell)。FMC 可以集成到 FMS(Flexible Manufacturing System,即柔性制造系统)或更高级的集成制造系统中使用。当前,FMS 正从切削加工向板材冷加工、焊接、装配等领域扩展。FMC 和 FMS 是实现 CIMS(Computer Integrated Manufacturing System,即计算机集成制造系统)的基础。

计算机集成制造系统 CIMS 是高技术密集系统。它综合了系统工程、管理科学、计算机技术和现代机械制造的科学成就,形成一个从市场分析、生产决策、设计开发、工艺规划、产品制造和销售经营的企业的计算机化控制网络,具有一个统一的信息管理和控制系统。在 CIMS 中,涉及到计算机数控 CNC、计算机辅助成组技术、计算机辅助质量控制、计算机辅助集成生产管理等,此外还包括计算机辅助设计、CAD/CAM 集成、计算机控制网络与通信等相关技术。CIMS 的核心是建立一个与生产系统中各功能子系统连接起来的集成信息系统(集成数据库),以保证企业各功能子系统所用信息数据的一致性、正确性、及时性和共享性。图 1-1 为计算机集成制造系统的结构框图。

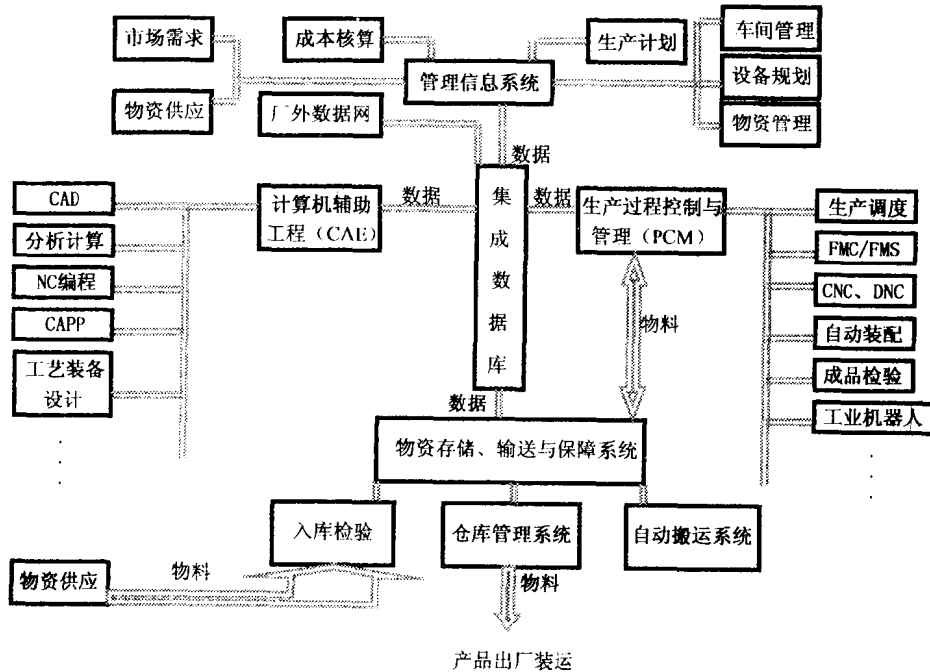


图 1-1 CIMS 的组成

我国发展数控技术起步于 1958 年,比日本晚 3 年。但是由于受到当时电子技术发展水平的限制,长期未能打开局面。到了 1990 年,我国数控机床的年产量为 2 634 台,而同年日本数控机床的年产量已接近于 62 000 台。我国数控技术的发展水平与工业发达国家相比有相当的距离。

近年来,在引进、消化、吸收国外先进技术的基础上,我国对数控机床进行了大量的开发工作。一些高档次的数控系统,如五轴联动的数控系统、为柔性制造单元配套的数控系统陆续开

发出来。目前我国数控机床生产已经初步建立了以中、低档为主的产业体系,为今后的发展奠定了基础。

三、数控机床的发展趋势

目前,世界各工业发达国家都把机械加工设备的数控化率作为衡量一个国家工业化水平的重要标志,竞相发展数控技术。与1980年相比,日本、美国、英国、法国、德国、意大利等国家1989年金属切削机床的产量仅增加了54%,而数控机床的产量则增加了256%。许多国家通过制定特殊的产业政策,从产业组织结构、设备折旧制度、技术攻关和人才培养等方面引导数控技术的发展。近年来,数控机床的发展特点表现在以下几方面。

1. 数控系统的硬件走向通用化、模块化和标准化

美国近年来正在开发的NGC控制器数控系统是一个开放式系统。它根据不同的功能要求,使用PC总线或VHF总线构成多总线和多CPU系统,其基本模块做成通用的、标准的、系列化的产品。数控系统的开发人员可在NGC标准规范指导下,采用不同厂家的软、硬件模块,组成不同档次的数控系统,以适应各类机床的CNC控制。

2. 利用计算机的软件资源提高数控系统的性能

随着微型计算机的广泛应用,在DOS和WINDOWS系统平台上开发的大量应用软件极大地丰富了以通用微机为基础的系统控制功能,一些新技术(如多媒体技术、容错技术、模糊控制技术、人工智能技术等)逐渐被新一代数控系统采用,主要有:

- ①人工智能图形会话编程,可进行特征造型和工艺数据库基础上的自动编程;
- ②引入故障诊断专家系统,实现完善的自诊断和故障监控功能;
- ③完善的误差补偿功能,包括空间几何误差补偿、零点误差补偿、夹具位置误差补偿;
- ④刀具寿命管理及刀具破损综合检测功能等。

3. 新一代伺服驱动装置上大量采用新技术

采用这些新技术的装置主要有:

- ①智能化交流伺服驱动装置;
- ②无刷直流伺服电机及驱动系统;
- ③双励磁绕组同步电机及其控制装置,这种电机的矢量控制调速系统比交流电机的调速系统简单得多,其静、动态特性也优于交流调速系统。

第二节 数控机床的工作原理及组成

一、数控机床的工作原理

用数控机床加工零件时,首先应编制零件的加工程序作为数控机床的工作指令。将加工程序送到数控装置,由数控装置控制机床主传动的变速、起停,进给运动的方向、速度和位移量,以及其它(如刀具选择交换、工件的夹紧与松开、冷却和润滑的开关等)动作,使刀具与工件及其它辅助装置严格地按照加工程序规定的顺序、轨迹和参数有条不紊地工作,从而加工出符合要求的零件。

二、数控机床的组成和功能

根据上述工作原理,数控机床主要是由输入介质、数控装置、伺服系统、反馈系统和机床本体组成。组成框图如图 1-2 所示。

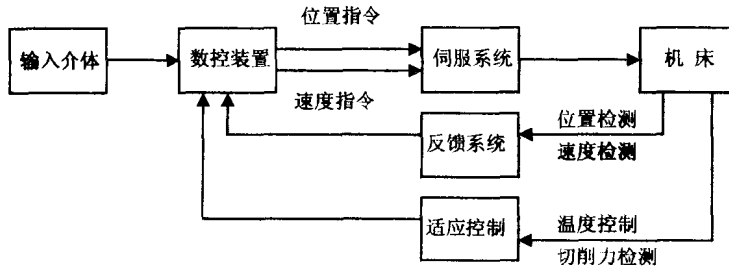


图 1-2 数控机床的组成

数控机床各组成部分的功能简介如下。

1. 输入和存储介质

数控机床工作时,不需要工人直接操作,但是又必须执行人的意图。这就必须在人和机床之间建立某种联系。这种联系的媒介称为输入介质或称控制介质。

在数控机床上加工零件时,要根据零件图纸上规定的形状、尺寸和技术条件,制订加工工艺过程,编制出零件的加工程序,并按照规定的格式存储在控制介质上。控制介质可以是穿孔带,也可以是穿孔卡片、磁带或其它可以存储代码的载体。至于采用哪一种,取决于数控装置的类型。

穿孔带是纸质的,目前也有聚酯塑料纸质的或聚酯铝薄片,通常称为纸带。纸带宽为 25.4mm,厚为 0.108mm,每一行除了必须有一个同步孔外,最多有 8 个直径为 1.33mm 的信息孔。每行可以穿 8 个孔,用 8 个孔或有或无的组合表示不同的代码。这是常用的 8 单位标准穿孔带控制介质。随着微型计算机的广泛应用,磁盘正在成为最主要的控制介质。

2. 数控装置

数控装置是数控机床的中枢,用来接受并处理由输入介质带来的信息,并依次转换成使伺服系统动作的各种指令。数控装置对信息的处理和运算可以由逻辑线路等硬件实现,也可以用计算机软件实现。前者称为硬件数控;后者称为软件数控。

硬件数控一般由输入装置、控制装置、运算器和输出装置组成。在计算机数控机床中,由于计算机本身即含有运算控制器等单元,因此其数控装置的作用由计算机完成。

数控装置接收输入介体的信息,并将代码加以识别、存储、运算,并输出相应的命令脉冲,经过功率放大驱动伺服系统,使机床按规定要求动作。

3. 伺服系统

伺服系统包括伺服驱动机构和机床移动部件,它是数控系统的执行部分。它的作用是把来自数控装置的脉冲信号转换为机床移动部件的运动。相对于每一个脉冲信号,机床移动部件的位移量叫作脉冲当量。常用的脉冲当量为 0.01mm/脉冲、0.005mm/脉冲以及 0.001mm/脉冲。

在数控机床的伺服系统中,常用的伺服驱动元件主要有步进电机、直流伺服电机、交流伺服电机、电液伺服电机。

4. 反馈检测系统

反馈检测系统的作用是检测机床的运动方向、速率、距离等参数,并将物理量转变成电信号显示出来或送给机床数控装置,使数控装置能够校核机床的工作情况及实际位置是否与指令一致,并由机床数控装置发出指令,纠正产生的误差。

5. 适应控制(AC 控制)系统

适应控制系统的作用是检测机床当前的环境(如温度、振动、电源、摩擦、切削等参数),将检测到的信号输入机床的数控装置,使机床及时发出补偿指令,从而提高加工精度和生产率。适应控制装置多数用来加工高精度零件,一般数控机床很少采用此类装置。

6. 机床

数控机床与普通机床相比,只是在自动变速、刀架、工作台自动转位和手柄等方面做了改变。由于切削用量大,连续加工温度影响大,在加工过程中数控机床不能像普通机床那样可以手动进行补偿。在设计数控机床时必须十分重视加强机床的刚度,减少热变形,提高精度。所以数控机床的设计要比普通机床设计严格得多,制造时要求更精密。

第三节 数控机床的分类和特点

一、数控机床的分类

数控机床的品种和规格繁多。根据不完全统计,目前已有近 500 种数控机床。根据数控机床的功能和组成,一般可以用下面三种方法分类。

(一)按工艺用途分类

1. 一般数控机床

这类机床和普通机床一样,有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控镗床、数控磨床等,每一种都有很多品种。例如,在数控磨床中,有数控平面磨床、数控外圆磨床、数控工具磨床等。这类机床的工艺可能性与普通机床相似,不同的是它能加工形状复杂的零件。这类机床的控制轴数一般不超过三坐标。

2. 数控加工中心机床

数控加工中心机床是在一般数控机床的基础上发展起来的。它们装备有可容纳 90 把或更多把刀具的自动换刀装置。一般加工中心机床还装有可移动的工作台,用来自动装卸工件。工件经一次装夹后,加工中心便能自动地完成诸如铣削、钻削、攻丝、镗削、铰孔等工序。图 1-3 和图 1-4 为其中的两种加工中心机床。

3. 多坐标数控机床

有些形状复杂的零件用三坐标的数控机床还是无法加工,如螺旋桨、飞机曲面零件的加工等。此时需要三个以上坐标的合成运动才能加工出需要的形状,为此出现了多坐标数控机床。多坐标数控机床的特点是数控装置控制的轴数较多,机床结构也比较复杂,现在常用的是 4~6 坐标的数控机床。

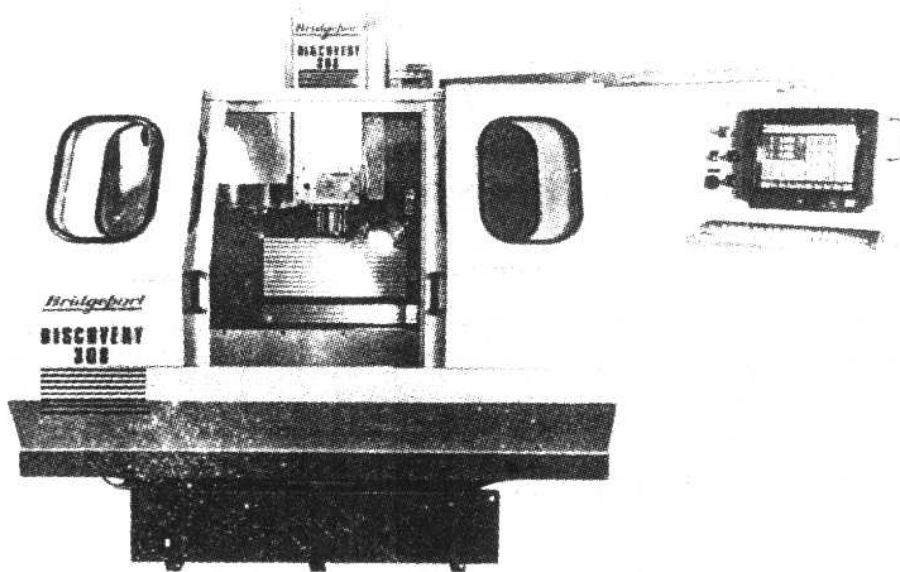


图 1-3 立式数控加工中心

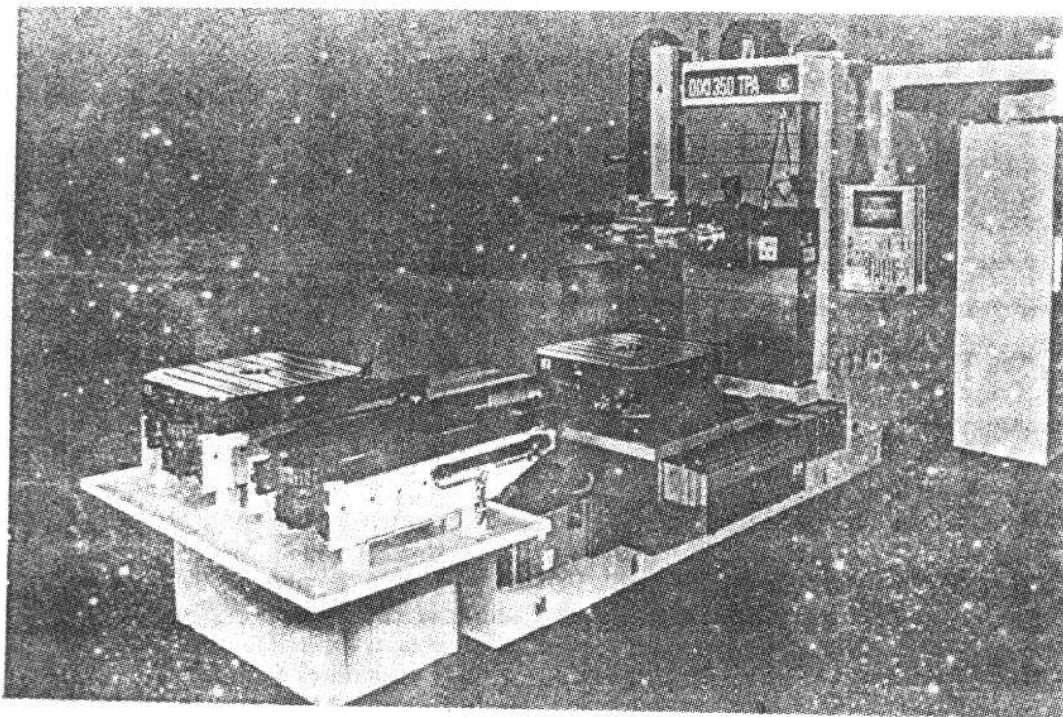


图 1-4 卧式数控加工中心

(二)按运动方式分类

1. 点位控制数控机床

点位控制机床的数控装置仅控制刀具相对于工件的定位,由一个定位点向另一个定位点移动的途径原则上没有规定,但一般是沿机床坐标轴运动,在刀具或工件运动过程中不进行切

削。为了在精确定位的基础上有尽可能高的生产率,所以两相关点之间的移动是先快速移动,接近定位点时再降低速度,以保证定位精度。

这类机床主要有数控坐标镗床、数控铰孔机床、数控钻床和数控冲床等,相应的数控装置称之为点位控制装置。

2. 点位/直线控制数控机床

这类机床工作时,不但要求工作台从起点坐标运动到终点坐标,还要求工作台在沿着坐标轴运动过程中进行切削加工。它应具备各种进给速度的控制功能。这类机床主要有简易数控车床、数控铣床和镗床类加工中心。

在控制方法上,点位直线系统与点位系统十分相似。有时将这两种系统统称为点位系统。

3. 连续控制数控机床

连续控制系统也称为轮廓控制系统。它的主要特征是加工时不仅要控制起点和终点的坐标位置,还要控制整个加工过程中每点的速度和坐标位置,使机床加工出符合设计要求的各种外形复杂的零件。连续控制系统必须精确地同时控制两个或更多的坐标运动。连续控制系统处理数据的速度比点位系统要高出1 000倍左右。它的伺服元件必须具有大功率和快速响应特性,以使这类机床在加工过程中有较强的的轨迹跟随能力。

这类机床主要有数控车床、数控磨床和数控铣床,相应的控制系统称之为连续控制系统。

(三)按控制方式分类

按控制方式分类可以分为开环控制数控机床、闭环控制数控机床和半闭环控制数控机床。

1. 开环控制数控机床

开环控制的工作过程是:从输入介质输入的信息进入数控装置的解读器,然后编辑成计算机能识别的机器码存入存储器,需要时送指令给电机驱动单元,使伺服电机动作,使被控工作台移动。在开环控制中,机床没有检测和反馈装置,数控装置发出的信号是单向的。同时,它不能纠正伺服系统的差错,所以这类机床的加工精度不高。但是,这类机床反应迅速、调试方便、工作比较稳定、维修简单。目前国内生产的一般精度的数控机床多属此类。

开环控制的数控机床大多采用功率步进电机。

2. 闭环控制数控机床

与开环控制不同的是,闭环控制增加了比较电路和反馈装置。在加工中,它时刻检测机床移动部件的位置,使之与正确的位置比较。如果出现误差,则发出指令减少误差直至为零;如果误差较大,数控装置可暂停执行程序中下一条指令,直到误差被纠正。因此,闭环控制可消除伺服机构中出现的误差,从而提高机构精度。这类机床的特点是精度高、速度快,但是调试和维修比较复杂。系统的稳定性是这类机床的主要问题。

闭环控制的数控机床大多用功率较大的直流和交流伺服电机。

3. 半闭环控制数控机床

半闭环控制方式对工作台的实际位置不进行检查,而是通过与伺服电机相关联的测量元件(如测速发电机和光电编码盘等)间接测出伺服电机的转角,推算出运动部件的实际位移量,用此值与指令值进行比较,用差值实现控制。运动部件没有完全包括在控制回路内,因此称为半闭环控制系统。

二、数控机床的工作过程和特点

在通用机床上加工零件时,机床运动的开始、结束、运动的先后次序以及刀具和工件的相对位置等都由人工去完成。而在数控机床上,一般先根据零件图把加工的全部过程写成 NC 程序。传统的 NC(数字控制)机床的工作过程如图 1-5 所示,由 NC 程序制成穿孔带,然后输入到数控装置,再由数控装置去控制机床,加工出符合要求的零件。

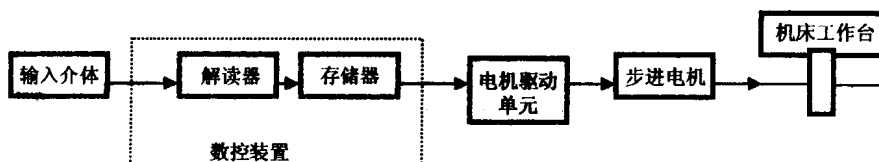


图 1-5 NC 机床的工作过程

CNC(计算机数字控制)机床的工作过程如图 1-6 所示。它首先把编写好的 NC 程序直接输入到带有计算机的机床控制单元(MCU)。最新的 MCU 带有一个图形屏幕。它不仅能显示 NC 程序,而且还能显示刀具运动路径和程序中的错误。MCU 控制机床能加工出符合图纸要求的零件。

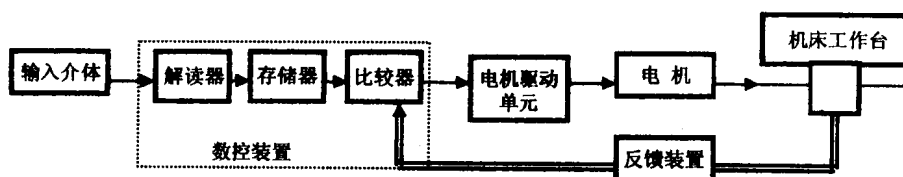


图 1-6 CNC 机床的工作过程

与普通机床相比,数控机床具有以下特点。

1. 适应性强

由于数控机床能实现多个坐标的联动,所以数控机床能加工形状复杂的零件,特别是对于可用数学方程式和坐标点表示的零件,加工非常方便。更换加工零件时,数控机床只需更换零件加工的 NC 程序。所以,数控机床的适应性非常强。

2. 加工质量稳定

对于同一批零件,由于使用同一机床和刀具及同一加工程序,刀具的运动轨迹完全相同,这就保证了零件加工的一致性,且质量稳定。

3. 效率高

数控机床的主轴转速及进给范围比普通机床大。目前数控机床最高进给速度可达到 100m/min 以上,最小分辨率达 $0.01\mu\text{m}$ 。一般来说,数控机床的生产能力约为普通机床的三倍,甚至更高。数控机床的时间利用率高达 90%,而普通机床仅为 30%~50%。

4. 精度高

数控机床有较高的加工精度,一般在 $0.005\text{mm}\sim 0.1\text{mm}$ 之间。数控机床的加工精度不受零件复杂程度的影响,机床传动链的反向齿轮间隙和丝杠的螺距误差等都可以通过数控装置自动进行补偿。因此,数控机床的定位精度比较高。

5. 减轻劳动强度

在输入程序并启动后,数控机床就自动地连续加工,直至完毕。这样就简化了工人的操作,使劳动强度大大降低。

总之,数控机床的优点很多,它有利于自动化生产和生产管理。

习题一

1. 何谓点位控制、点位直线控制和轮廓控制? 三者有何区别?
2. 什么是数字控制? 传统的 NC 机床由哪些部件组成?
3. 什么是计算机数字控制机床? CNC 机床与传统的 NC 机床相比有什么改进?

第二章 数控机床的机械结构

第一节 概 述

在数控机床发展的最初阶段,其机械结构与通用机床相比没有多大变化,只是在自动变速、刀架或工作台自动转位和手柄操作等方面做些改变。随着数控技术的发展,考虑到它的控制方式和使用特点,才对机床的生产率、加工精度和寿命提出了更高的要求。数控机床的主体结构有以下特点:

①由于采用了高性能的无级变速主轴及伺服传动系统,数控机床的机械传动结构大为简化,传动链也大大缩短;

②为适应连续地自动化加工和提高加工生产率,数控机床机械结构具有较高的静、动态刚度和阻尼精度,以及较高的耐磨性,而且热变形小;

③为减小摩擦、消除传动间隙和获得更高的加工精度,更多地采用了高效传动部件,如滚珠丝杠副和滚动导轨、消隙齿轮传动副等;

④为了改善劳动条件、减少辅助时间、改善操作性、提高劳动生产率,采用了刀具自动夹紧装置、刀库与自动换刀装置及自动排屑装置等辅助装置。

根据数控机床的使用场合和结构特点,对数控机床的机械结构应提出以下要求。

一、较高的机床静、动刚度

数控机床是按照数控编程或手动输入数据方式提供的指令自动进行加工的。由于机械结构(如机床床身、导轨、工作台、刀架和主轴箱等)的几何精度与变形产生的定位误差在加工过程中不能人为地调整与补偿,因此,必须把各处机械结构部件产生的弹性变形控制在最小限度内,以保证所要求的加工精度与表面质量。

为了提高数控机床主轴的刚度,不但经常采用三支撑结构,而且选用刚性很好的双列短圆柱滚子轴承和角接触向心推力轴承,以减小主轴的径向和轴向变形。为了提高机床大件的刚度,采用封闭截面的床身,并采用液力平衡和重块平衡减少移动部件因位置变动造成的机床变形。为了提高机床各部件的接触刚度,增加机床的承载能力,采用刮研的方法增加单位面积上的接触点,并在结合面之间施加足够大的预加载荷,以增加接触面积。这些措施都能有效地提高接触刚度。

为了充分发挥数控机床的高效加工能力,并能进行稳定切削,在保证静态刚度的前提下,还必须提高动态刚度。常用的措施主要有提高系统的刚度、增加阻尼以及调整构件的自振频率等。试验表明,提高阻尼系数是改善抗振性的有效方法。钢板的焊接结构既可以增加静刚

度、减轻结构重量,又可以增加构件本身的阻尼。因此,近年来在数控机床上采用了钢板焊接结构的床身、立柱、横梁和工作台。封砂铸件也有利于振动衰减,对提高抗振性也有较好的效果。

二、减少机床的热变形

在内外热源的影响下,机床各部件将发生不同程度的热变形,使工件与刀具之间的相对运动关系遭到破坏,也使机床精度下降。对于数控机床来说,因为全部加工过程是由计算机的指令控制的,热变形的影响就更为严重。

为了减少热变形,在数控机床结构中通常采用以下措施。

1. 减少发热

机床内部发热是产生热变形的主要热源,应当尽可能地将热源从主机中分离出去。

2. 控制温升

在采取了一系列减少热源的措施后,热变形的情况将有所改善。但要完全消除机床的内外热源通常是十分困难的,甚至是不可能的。所以必须通过良好的散热和冷却来控制温升,以减少热源的影响。其中比较有效的方法是在机床的发热部位强制冷却,也可以在机床低温部分通过加热的方法,使机床各点的温度趋于一致,这样可以减少由于温差造成的翘曲变形。

3. 改善机床结构

在同样发热条件下,机床结构对热变形也有很大影响。如数控机床过去采用的单立柱结构有可能被双柱结构所代替。由于左右对称,双立柱结构受热后的主轴线除产生垂直方向的平移外,其它方向的变形很小,而垂直方向的轴线移动可以方便地用一个坐标的修正量进行补偿。

对于数控车床的主轴箱,应尽量使主轴的热变形发生在刀具切入的垂直方向上,如图2-1所示。这就可以使主轴热变形对加工直径的影响降低到最小限度。在结构上还应当尽可能减小主轴中心与主轴箱底面的距离(如图中的尺寸 H),以减少热变形的总量,同时应使主轴箱的前后温升一致,避免主轴变形后出现倾斜。

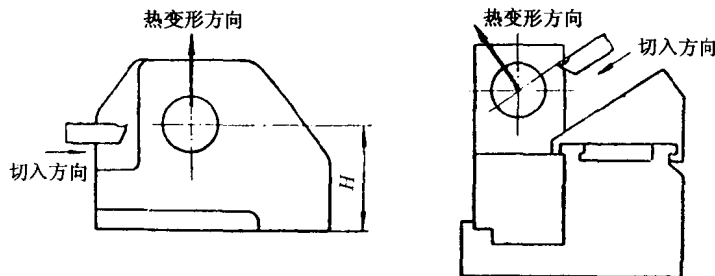


图2-1 数控车床热变形方向应与切入方向垂直

数控机床中的滚珠丝杠常在预加载荷大、转速高以及散热差的条件下工作,因此丝杠容易发热。滚珠丝杠热伸长造成的后果是严重的,尤其是在开环系统中,它会使进给系统丧失定位精度。目前某些机床用预拉的方法减少丝杠的热变形。对于采取了上述措施仍不能消除的热变形,可以根据测量结果由数控系统发出补偿脉冲加以修正。